

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-332807  
(43)Date of publication of application : 18.12.1998

(51)Int.Cl.

G01S 3/808  
G01H 3/00  
H04R 1/40  
H04R 3/00

(21)Application number : 09-147829

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 05.06.1997

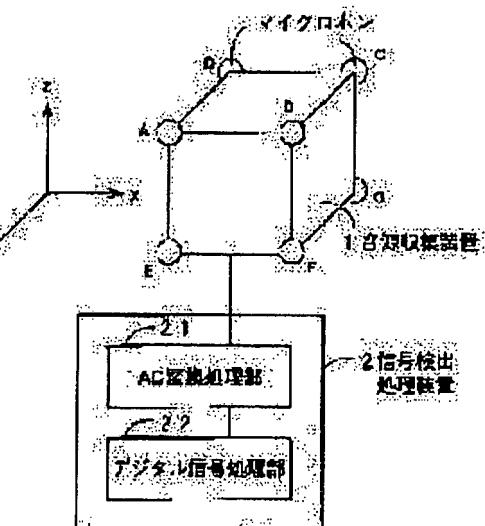
(72)Inventor : UEDA MASANOBU

## (54) SOUND SOURCE DIRECTION DETECTOR

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To enable detecting of the direction of a sound source positioned in an arbitrary direction in a three-dimensional space by specifying the sequence of microphones corresponding to the sequence of arrival of sound signals as detected by respective microphones arranged three-dimensionally.

**SOLUTION:** For example, a sound source collector 1 has microphones A-H arranged at respective eight tops of a solid box body. The microphones A-H herein used are non-directional and arranged three dimensionally to allow detecting of a sound signal with any of the microphones even when the signal arrives from an arbitrary direction in the entire space. The direction of the sound source thereof is judged based on the sequence of the microphones A-H corresponding to the sequence of the arrival of the sound signal detected by the microphones A-H. A signal detection processor 2 performs an analog/digital conversion to produce a digital signal with an A/D conversion processing part 21. The digital signal processing part 22 is made up of a microcomputer to perform a processing for the judgment of the sound source or the like.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

(10)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-332807

(43)公開日 平成10年(1998)12月18日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>  
G 0 1 S 3/808  
G 0 1 H 3/00  
H 0 4 R 1/40 3 2 0  
3/00 3 2 0

識別記号 F I  
G 0 1 S 3/808  
G 0 1 H 3/00 Z  
H 0 4 R 1/40 3 2 0 A  
3/00 3 2 0

審査請求 未請求 請求項の数4 OL (全 11 頁)

(21)出願番号 特願平9-147829

(22)出願日 平成9年(1997)6月5日

(71)出願人 000005223

富士通株式会社  
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号

(72)発明者 上田 昌伸  
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内

(74)代理人 弁理士 野河 信太郎

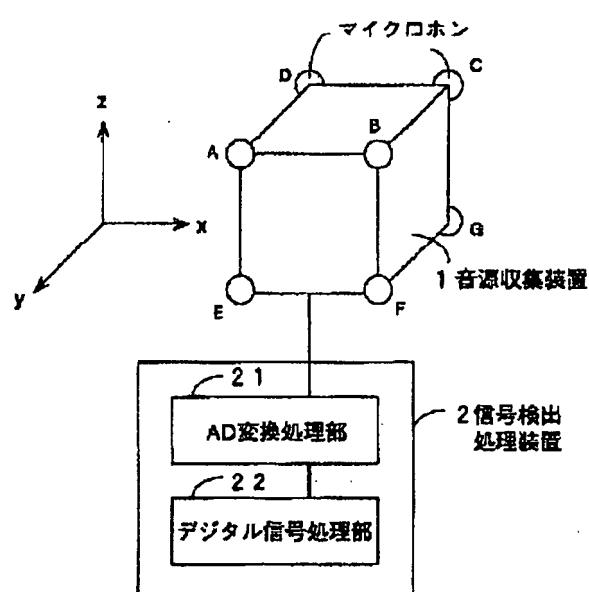
(54)【発明の名称】 音源方向検出装置

(57)【要約】

【課題】 この発明は、音源方向検出装置に関し、3次元空間の任意の方向に音源がある場合でも、その方向を特定することができるることを課題とする。

【解決手段】 3次元的に配置した複数のマイクロホンと、各マイクロホンによって検出された音響信号の到着順序に対応するマイクロホンの順列を基にして音源の方向を判定する方向判定部とから構成されることを特徴とする。

この発明の第1実施例の概略構成ブロック図



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 3次元的に配置した複数のマイクロホンと、各マイクロホンによって検出された音響信号の到着順序に対応するマイクロホンの順列を基にして音源の方向を判定する方向判定部とから構成されることを特徴とする音源方向検出装置。

【請求項2】 前記方向判定部が、各マイクロホンによって検出された音響信号の到着時刻を測定する計時手段と、計時手段によって測定された到着時刻の早い順にマイクロホンの順列を特定する順列特定手段と、マイクロホンの順列から一意的に決定される音源方向情報を、その順列ごとに予め記憶した順列規則記憶手段と、前記特定されたマイクロホンの順列に対応する音源方向情報を、前記順列規則記憶手段から取出す検索手段とから構成されることを特徴とする請求項1記載の音源方向検出装置。

【請求項3】 前記マイクロホンが立方体形状の筐体の各頂点に配置され、前記検索手段が前記順列規則記憶手段から取出す音源方向情報を、上位3つのマイクロホンの順列によって一意的に決定される音源方向情報をすることを特徴とする請求項2記載の音源方向検出装置。

【請求項4】 前記方向判定部が、各マイクロホンによって検出された音響信号の到着時刻を測定する計時手段と、所定の隣接した2つのマイクロホンについて、前記計時手段によって測定された音響信号の到着時刻の時間差を算出する時間差算出手段と、2つのマイクロホンについて算出された時間差と当該2つのマイクロホンの距離とから、当該2つのマイクロホンの存在する平面に対する音源方向を求める方向演算手段を備えることを特徴とする請求項1記載の音源方向検出装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 この発明は、音源方向検出装置に関し、特に、複数のマイクロホンを用いて3次元的に音源方向を検出する音源方向検出装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来から、複数のマイクロホンを2次元的に配置して、音源の方向を検出する音源方向検出装置がある。図17に、従来の音源方向の検出方式の説明図を示す。ある平面PL上に複数のマイクロホンmを、図のように2次元的に等間隔に配置する。マイクロホンmから適当な距離だけ離れた音源SDから音響信号が発せられると、その音響信号は各マイクロホンmで受信される。しかし、各マイクロホンmで受信される音響信号は、同一平面上の異なる位置で観測されるため、各マイクロホンmで観測された音響信号には位相差又は時間差が生じる。従来は、この位相差又は時間差に基づいて所定の計算を行うことによって、音源の方向を検出していった。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 このような従来の検出方式では、同一平面上にマイクロホンmを配置するため、3次元空間の方位のうち、マイクロホンが配置された平面より片側方向に存在する音源しかその方向を特定することができない。すなわち、図17に示した検出方法では、平面PLの右方向、すなわち $x > 0$ の空間に音源が存在する場合には、音源の方向を特定することができる。しかし、逆に $x < 0$ の空間に音源が存在する場合には、各マイクロホンmは音源からの音響信号を直接受信することはできない。この場合、各マイクロホンmには、音源からの音響信号のうち壁などで反射又は屈折してきた信号が受信されるため、音源の方向を検出することができない。

【0004】 この問題点を解決するためには、たとえば、一平面上に配置したマイクロホン全体を図17のZ軸を中心にして回転させる方法が考えられる。これによれば、 $x < 0$ 方向に存在する音源も検出できるが、回転にはある程度の時間がかかるため、ある時刻では音源が検出できない場合がある。また、同一構成のマイクロホンを図17の $\varphi < 0$ 方向に向けて配置して、それぞれ同様の音源検出処理を行えば3次元の全方位に対して音源方向の検出が可能となる。しかし、この方法では、マイクロホン等の構成や処理も2倍必要となり、コストも高くなる。

【0005】 この発明は、以上のような事情を考慮してなされたものであり、マイクロホンを立体的形状の筐体の所定の位置に3次元的に配置して音響信号の到着順序に注目することによって、3次元空間の任意の方向に位置する音源の方向を検出できる音源方向検出装置を提供することを課題とする。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】 この発明は、3次元的に配置した複数のマイクロホンと、各マイクロホンによって検出された音響信号の到着順序に対応するマイクロホンの順列を基にして音源の方向を判定する方向判定部とから構成されることを特徴とする音源方向検出装置を提供するものである。

【0007】 ここで、前記方向判定部が、各マイクロホンによって検出された音響信号の到着時刻を測定する計時手段と、計時手段によって測定された到着時刻の早い順にマイクロホンの順列を特定する順列特定手段と、マイクロホンの順列から一意的に決定される音源方向情報を、その順列ごとに予め記憶した順列規則記憶手段と、前記特定されたマイクロホンの順列に対応する音源方向情報を、前記順列規則記憶手段から取出す検索手段とから構成されるようにもよい。

【0008】 特に、マイクロホンが立方体形状の筐体の各頂点に配置され、前記検索手段が、前記順列規則記憶手段から取出す音源方向情報を、上位3つのマイクロホ

3

ンの順列によって一意的に決定される音源方向情報であるようにすることができる。

【0009】また、前記方向判定部が、各マイクロホンによって検出された音響信号の到着時刻を測定する計時手段と、所定の隣接した2つのマイクロホンについて、前記計時手段によって測定された音響信号の到着時刻の時間差を算出する時間差算出手段と、2つのマイクロホンについて算出された時間差と当該2つのマイクロホンの距離とから、当該2つのマイクロホンの存在する平面に対する音源方向を求める方向演算手段を備えるようにしてもよい。

#### 【0010】

【発明の実施の形態】以下、図に示す実施の形態に基づいてこの発明を詳述する。なお、これによってこの発明が限定されるものではない。前記したように、マイクロホンが立方体形状の筐体の各頂点に配置される場合、立方体形状の筐体の8つの頂点の位置に、外向きにマイクロホンをそれぞれ配置する。ここで、筐体とは、中空のボックス、マイクロホンの取付台等を意味し、音源収集手段を構成するものである。マイクロホンの配置は、3次元的に音源方向を特定できるようすればよく、立方体の頂点に限定するものではない。直方体や他の立体的形状の所定の位置にマイクロホンを複数個配置してもよい。また、各マイクロホンごとに、相互の距離を一定に保ちながらつるしたり、脱着可能なように固定してもよい。

【0011】方向判定部は、各マイクロホンから入力されたアナログの音響信号をA/D変換してデジタル化された信号を利用して音源の方向の判定を行うものであり、その判定のためにいわゆるマイクロコンピュータを用いることができる。マイクロコンピュータは、CPUを中心として、ROM、RAM、タイマー、I/Oインターフェース等から構成される。順列規則記憶手段は、RAMやハードディスクを用いることができる。

【0012】計時手段は、いわゆるタイマーを用いることができ、測定された到着時刻は、RAM等のメモリに記憶すればよい。また、検索手段によって取り出された音源方向情報は、プリンタ、CRTなどの他、表示パネル、音声、LEDランプなどを用いて、出力してもよい。また、取り出された音源方向情報はメモリに一時記憶しておく、この情報を各種制御処理に用いたり、通信回線を利用して他の装置へ伝送してもよい。順列特定手段、時間差演算手段、方向演算手段及び検索手段は、CPUと、予めRAM又はROM等に記憶された制御プログラムによって実現できる。

#### 【0013】第1実施例

図1に、この発明の音源方向検出装置の概略構成図を示す。この発明の音源方向検出装置は、音源収集装置1と信号検出処理装置2とから構成される。音源収集装置1は、音源から発せられた音響信号を受信するマイクロホ

4

ンが所定の位置に配置された立方体形状の筐体とする。以下の説明では、音源収集装置1は、立方体形状の筐体の8つの各頂点にマイクロホン(A~H)を配置したものとするが、これに限定するものではない。マイクロホン(A~H)は、無指向性のものを用い、全空間の任意の方向から音響信号が到着してもどれかのマイクロホンによってその音響信号を検出できるように、筐体の適当な位置に3次元的に配置すればよい。

【0014】信号検出処理装置2は、主として、AD変換処理部21とデジタル信号処理部22とから構成される。信号検出処理装置2は、音源収集装置1とは別筐体で離れた場所に配置してもよく、また音源収集装置1の内部に配置してもよい。マイクロホンに受信された音響信号は、電気的なアナログ信号に変換され、各マイクロホンごとの出力信号線を通して信号検出処理装置2のAD変換処理部21へ送られる。

【0015】AD変換処理部21は、アナログ信号をA/D変換してデジタル信号を生成する。変換されたデジタル信号はデジタル信号処理部22へ送られる。デジタル信号処理部22は、CPUを中心としたマイクロコンピュータで構成でき、各マイクロホンごとのデジタル信号の到着時刻の測定、音源の方向の判定等の処理を行う。図示していないが、音源の方向の判定結果を出力するため、CRTなどの出力部を信号検出処理装置2の内部、あるいは外部に設けてよい。

【0016】図2に、この発明の音源方向検出装置の一実施例の外観図を示す。音源収集装置1は、前記したように、立方体の筐体11であり、その各頂点に無指向性のマイクロホン素子(A~H)が接着される。筐体11は、一辺が数cm程度の小さな立方体から、一辺が数mの大きな立方体まで、さまざまな用途に応じて使い分けられる。ここで、マイクロホン素子A~Hは、立方体の中心点から各頂点を結ぶ線分を法線方向とするような向きに接着することが好ましい。なお、マイクロホン素子Hは図示していないが、図では見えていない立方体の頂点に存在する。

【0017】音源収集装置1は、台6から所定の距離離れた空間に支柱4を介して設置すればよい。各マイクロホン素子には、電源用、信号出力用およびアース用の線材が結線される。これらの線材は、立方体の筐体内部で、それぞれのマイクロホン素子ごとに束ねて立方体の筐体11の下部から支柱4内に通される。台6には、信号検出処理装置2、直流電源3、端子台5が配置される。

【0018】支柱4内を通された各線材は、端子台5上の各マイクロホンごとに別々の端子に接続される。端子台5には、直流電源3をマイクロホン素子(A~H)へ供給する端子と、マイクロホン素子からの出力を取り出す端子とアース端子が設けられ、それぞれの端子に支柱4から取り出されたマイクロホン電源線7、マイクロホ

ン出力線8、アース線9の各線材が接続される。また、マイクロホン出力8の各線材は、端子台5を介して信号検出処理装置2に接続される。

【0019】図3に、マイクロホン素子(A~H)と信号検出処理装置2との接続ブロック図を示す。前記したように、信号検出処理装置は、AD変換処理部21、デジタル信号処理部22とから構成される。また、マイクロホン素子(A~H)には、電源線7、マイクロホン出力線8、アース線9が接続され、マイクロホン出力線8は、それぞれ別々にAD変換処理部21へ接続される。AD変換処理部21では、マイクロホン出力線8を通して入力されるアナログ音響信号を、同時並列にサンプリングして、デジタル信号に変換する。

【0020】図4に、信号検出処理装置2の構成ブロック図を示す。AD変換処理部21は、マイクロホンA~Hのそれぞれに対応するAD変換器23から構成される。デジタル信号処理部22は、AD変換器23から出力されるデジタル信号を検出する検出部24、検出部24に検出のタイミング及びカウント時間を与えるタイマー部25、各検出部24から出力される信号からマイクロホンによる音響信号の検出順列を判定する検出順列特定部26、音源方向を判定する規則を記憶した順列規則記憶部27、方向を判定する規則に基づいて確定された検出順列から音源方向の判定を行う音源方向判定部28とから構成される。

【0021】ここで順列規則記憶部27は、RAM、ハードディスク等が用いられ、検出順列特定部26、音源方向判定部28は、CPUの一機能として実現できる。検出部24は、各AD変換器23に対応して複数個備えられ、カウンタ、フリップフロップ等の論理素子から構成でき、タイマー部25から与えられるクロックに基づいて、一定時間、入力されるデジタル信号をカウントする。ある検出部24で、カウント値が所定の値を超えた場合に、その検出部24に対応するマイクロホンから音響信号が入力されたと判断し、その検出部24は、所定の検出信号を出力する。

【0022】検出順列特定部26は、すべての検出部24から与えられる検出信号の入力タイミングを常時監視している。すなわち、検出順列特定部26は、マイクロホンごとに検出された音響信号の到着時刻を測定する計時手段の役割を果たす。さらに、検出順列特定部26は、測定された到着時刻の差異から各マイクロホンに対応した検出信号が入力した順列を特定し、RAM等のメモリに記憶する。たとえば、マイクロホンBに対応する検出部24からの検出信号が最初に入力された後、一定時間内(たとえば1秒間)にマイクロホンC, A, E, F, Gの順序で検出信号が入力されたとすると、マイクロホンの順列を「B, C, A, E, F, G」として特定し記憶する。

【0023】順列規則記憶部27には、マイクロホンの

順列と音源方向との対応を関連づけた規則が記憶されている。たとえば音源収集装置を中心として3次元空間を48個の領域に分割した場合に、マイクロホンB, A, Cの順序で音響信号が検出されたときは「領域1」の方向に音源があるというような規則が記憶されている。この規則については後述する。

【0024】音源方向判定部28は、この順列規則記憶部27に記憶された規則を参照しながら、検出順列特定部26で特定されたマイクロホンの順列に対応する音源方向を判定する。判定された音源方向の情報は、必要に応じてCRTなどの出力装置へ出力される。以上が、デジタル信号処理部22での音源方向判定処理である。

【0025】次に、マイクロホンの検出順列と音源方向との対応を関連づけた規則について説明する。図5に、音源方向を判定する規則の説明図を示す。ここでは、音源収集装置1の8つの頂点のうちBの位置にあるマイクロホンが最初に音響信号を受信した場合を例にとって説明する。音源収集装置1が立方体とすると、この立方体の中心Oから見て、音源方向は頂点Bの周囲の6つの平面(P1~P6)を通過する方向に分類できる。

【0026】たとえば、平面P1は、頂点B', L', Nによって形成される平面であり、平面P6は、頂点B', K', Nによって形成される平面である。ここで、J', K', L'は、それぞれBFGC平面の中心J、AEFB平面の中心K、ABCD平面の中心Lと対応する点である。また、A', B', C', D', M, N, Qは、音源収集装置1の各頂点等の平面上への写像点である。

【0027】中心Oから見て平面P1を通過する方向に音源があると判定される場合には、音源と各頂点までの距離は、頂点Bが最も近く、次に頂点A, C, ……という順序となる。この場合の説明図を図6及び図12に示す。図12は、図5をABCD平面の上方から見た平面図を示している。図12において、音源の位置をABC D平面に投影した位置を、S1, S2, S3とする。今、音源がS1の位置にある場合を考えると、S1B < S1A < S1C < S1Dという距離関係が成立する。したがって、音源がS1の位置にある場合は、マイクロホンB, A, C, Dの順に音響信号が受信される。

【0028】ここで、音源S1は、平面P1の領域を代表する位置であり、この領域内に音源があればマイクロホンB, A, C, Dの順序で受信される。また、音源がS2の位置にある場合、すなわち平面P2の領域にある場合は、マイクロホンB, C, A, Dの順序で音響信号が受信される。さらに、音源がS3の位置にある場合、すなわち平面P7の領域にある場合は、マイクロホンA, B, C, Dの順序で音響信号が受信される。

【0029】ところで、この実施例において、検出順列特定部26で特定された音響信号を受信したマイクロホンの順序のうち、上位3つの順序によって音源方向を判

定することができる。たとえば、図12のS1の位置に音源がある場合には、マイクロホンB, A, Cの順序で音響信号が受信されることから、中心Oから見て平面P1を通過する方向に音源があると判定できる。したがってこの場合の規則としては、「音響信号の検出順列がマイクロホンB, A, Cの順である場合には、立方体の中心Oから見て平面P1を通過する方向に音源があると判定する」という規則が成立する。

【0030】図7は、頂点Bのマイクロホンが最も早く受信する場合で、中心Oから見て平面P2の方向に音源がある場合の音源方向の範囲を示す説明図である。この場合、音響信号は、マイクロホンB, C, Aの順序で受信される。図8は、頂点Bのマイクロホンが最も早く受信する場合で、中心Oから見て平面P3の方向に音源がある場合の音源方向の範囲を示す説明図である。この場合、音響信号は、マイクロホンB, C, Fの順序で受信される。

【0031】図9は、頂点Bのマイクロホンが最も早く受信する場合で、中心Oから見て平面P4の方向に音源がある場合の音源方向の範囲を示す説明図である。この場合、音響信号は、マイクロホンB, F, Cの順序で受信される。図10は、頂点Bのマイクロホンが最も早く受信する場合で、中心Oから見て平面P5の方向に音源がある場合の音源方向の範囲を示す説明図である。この場合、音響信号は、マイクロホンB, F, Aの順序で受信される。図11は、頂点Bのマイクロホンが最も早く受信する場合で、中心Oから見て平面P6の方向に音源がある場合の音源方向の範囲を示す説明図である。この場合、音響信号は、マイクロホンB, A, Fの順序で受信される。

【0032】以上の考察から、頂点Bのマイクロホンが最も早く受信する場合には、次の6つの規則が成立する。

ルール1：マイクロホンの受信順列B, A, Cならば、中心Oから見て平面P1を通過する方向に音源がある。  
 ルール2：マイクロホンの受信順列B, C, Aならば、中心Oから見て平面P2を通過する方向に音源がある。  
 ルール3：マイクロホンの受信順列B, C, Fならば、中心Oから見て平面P3を通過する方向に音源がある。  
 ルール4：マイクロホンの受信順列B, F, Cならば、中心Oから見て平面P4を通過する方向に音源がある。  
 ルール5：マイクロホンの受信順列B, F, Aならば、中心Oから見て平面P5を通過する方向に音源がある。  
 ルール6：マイクロホンの受信順列B, A, Fならば、中心Oから見て平面P6を通過する方向に音源がある。

【0033】また、同様にして、立方体の対称性から、他の頂点A, C, D, E, F, G, Hについても、それぞれ音源方向をその頂点の周囲の6つの平面を通過する方向に分類することができる。そして、各頂点につき、最初に受信した3つのマイクロホンの順序から、6つの

音源方向のうちどれかが特定される。すなわち、8つの頂点につき、それぞれ6つの音源方向を特定する規則が存在し、中心Oから見て3次元空間の音源方向は、 $6 \text{ (方向)} \times 8 \text{ (頂点)} = 48$ 通りの方向に分割して判定できる。この第1実施例の場合は、48個の規則が順列規則記憶部27に記憶される。この発明は、このような構成及び処理を備えることによって、3次元空間の方向を48通りに分割した音源方向の検出をすることができる。

10 【0034】次に、この第1実施例の音源方向検出装置の応用例を示す。図13は、外部音源の方向を検出するボックスに、この第1実施例を適用した応用例の説明図である。図13のボックスは、中に入ることのできる程度の大きさで、図2等で説明した音源収集装置1に対応するものである。ここでは信号検出処理装置2に相当するものは図示していないが、たとえば別室に設ければよい。

【0035】ここで、ボックスの8つの頂点にそれぞれマイクロホンを設け、外部音源の方向を検出する。また、ボックスの6つの壁面に表示パネルを設置し、この音源方向検出装置で検出した音源方向に対応して表示パネルの点滅や表示を行うようとする。このようにすれば、音が通過しない壁であっても、外部音源がどの方向にあるかを容易に知ることができる。また、ボックス内部の人から見て、空間を48分割した単位で音源の方向を知ることができる。

【0036】図14は、自立ロボットにこの第1実施例を適用した応用例の説明図である。図のように、立方体の各頂点となる位置に、それぞれマイクロホンを設ける。このロボットそのものが音源収集装置1であり、信号検出処理装置2はロボットの内部に設ければよい。

【0037】ロボットの上部に、周囲の状況を見るカメラ部を設け、このカメラ部を上下左右に駆動できる上下回転機構と左右回転機構を設ける。そして、音源収集装置1で検出した音源方向とカメラ部とを連動させれば、音源方向にロボットのカメラ部を回転させることができ、音源方向の映像をつねにカメラでとらえることが可能となる。したがってこの発明は、防犯・防災などのための監視ロボットや監視カメラに応用することができる。

40 【0038】第2実施例  
 次に、隣接したマイクロホンについて、音響信号の到着時刻の時間差を測定して音源方向を3次元的に検出する実施例について説明する。図15に、この第2実施例の信号検出処理装置の構成ブロック図を示す。図4と同様に、各マイクロホンから受信されたアナログ信号は、A/D変換器23でデジタル信号に変換されて、検出部24で、タイマー25から与えられるクロックに基づいて、入力があったかどうかが検出される。

50 【0039】検出された場合は、その対応する検出部2

4から検出信号が隣接素子間時間差算出部31へ出力される。隣接素子間時間差算出部31は、隣接するマイクロホンたとえばBとA, BとC, BとFとの間の検出時間差 $\Delta t$ を求める。そして、後述するような数式によつて、3つの平面に対する音源方向の角度がそれぞれ算出でき、これらの角度から音源方向が詳細に求められる。

【0040】図16に、この第2実施例の角度計算の説明図を示す。マイクロホンAとBに対して、図のような方向に音源があったとする。このとき、ABC平面の法線方向に対する音源方向の角度を $\theta$ とする。マイクロホンAとBの距離をdとすると、音源からの音響信号がマイクロホンBよりもマイクロホンAに到着するまでの距離は $d \sin \theta$ だけ長いことになる。ここで空気中の音速をcとすると、 $(d \sin \theta) / c$ 時間だけ、マイクロホンAの方が遅く音響信号を検出することになる。

【0041】すなわち、マイクロホンBとAとの検出時間差 $\Delta t$ は、角度 $\theta$ に依存し、次式で表わされる。

$$\Delta t = (d \sin \theta) / c \quad \dots \dots (1)$$

したがって、音源方向の角度 $\theta$ は、

$$\theta = \sin^{-1} (c \Delta t / d) \quad \dots \dots (2)$$

によって求められる。

【0042】図16では、隣接するマイクロホンAとBの検出時間差から、ABC平面に対する音源方向の角度 $\theta$ を求める例を示したが、B点を中心とする方向から音響信号が得られる場合は同様にしてBCGF平面、ABFE平面に対する音源方向の角度を求めることができる。たとえば、BCGF平面に対しては、隣接するマイクロホンBとCの検出時間差から音源方向の角度が求められる。

【0043】図15においては、隣接素子間時間差算出部31で検出された隣接するマイクロホンどうしの時間差 $\Delta t$ が、各平面の角度算出部32, 33, 34へ与えられ、各角度算出部32, 33, 34では、前記した式(2)により各平面に対する音源方向の角度が計算できる。そして、求められた3つの音源方向の角度 $\theta$ により、音源方向が一意的に決定される。

【0044】ここで、隣接素子間時間差算出部31、ABC平面の角度算出部32、ABFE平面の角度算出部33、BCGF平面の角度算出部34の各機能は、CPUと、RAM等に記憶されたプログラムによって実現できる。なお、ここでは、3つの平面(ABC, ABFE, BCGF)の場合を示したが、任意の頂点に対してその頂点を含む3つの平面について同様の角度算出を行うことができる。したがって、この第2実施例によれば、より正確に3次元空間のあらゆる方向についての音源方向の特定が可能となる。

【0045】

【発明の効果】この発明によれば、マイクロホンを立体的形状の筐体の各頂点に配置し、受信された音響信号の到着時刻の差異を基にして音源の方向を判定しているの

で、3次元空間の任意の方向に位置する音源の方向を検出できる。また、隣接するマイクロホンの到着時刻の時間差を演算して音源方向を求めるので、より正確に音源方向の特定が可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の第1実施例の概略構成図である。

【図2】この発明の第1実施例の音源方向検出装置の外観図である。

【図3】この発明の第1実施例のマイクロホンと信号検出処理装置の接続ブロック図である。

【図4】この発明の第1実施例の信号検出処理装置の構成ブロック図である。

【図5】この発明の第1実施例の音源方向判定規則の説明図である。

【図6】この発明の第1実施例において検出される音源方向の範囲の説明図である。

【図7】この発明の第1実施例において検出される音源方向の範囲の説明図である。

【図8】この発明の第1実施例において検出される音源方向の範囲の説明図である。

【図9】この発明の第1実施例において検出される音源方向の範囲の説明図である。

【図10】この発明の第1実施例において検出される音源方向の範囲の説明図である。

【図11】この発明の第1実施例において検出される音源方向の範囲の説明図である。

【図12】この発明の第1実施例の音源方向判定規則の説明図である。

【図13】この発明の第1実施例の応用例の説明図である。

【図14】この発明の第1実施例の自立ロボットへの応用例の説明図である。

【図15】この発明の第2実施例の信号検出処理装置の構成ブロック図である。

【図16】この発明の第2実施例の角度計算の説明図である。

【図17】従来の音源方向検出装置の構成図である。

【符号の説明】

1 音源収集装置

2 信号検出処理装置

3 電源

4 支柱

5 端子台

6 台

7 マイクロホン電源線

8 マイクロホン出力線

9 アース線

11 正立方体筐体

21 A/D変換処理部

50 22 デジタル信号処理部

11

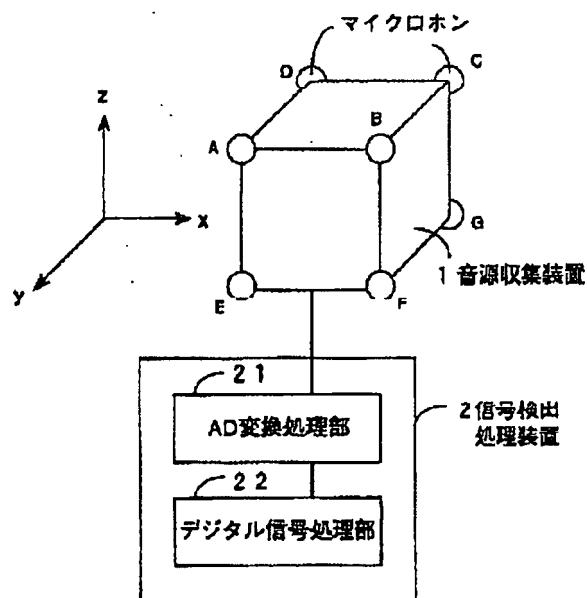
12

2 3 AD変換器  
 2 4 検出部  
 2 5 タイマー  
 2 6 検出順列特定部  
 2 7 順列規則記憶部

2 8 音源方向判定部  
 3 1 隣接素子間時間差算出部  
 3 2 ABCD平面の角度算出部  
 3 3 ABFE平面の角度算出部  
 3 4 BC GF平面の角度算出部

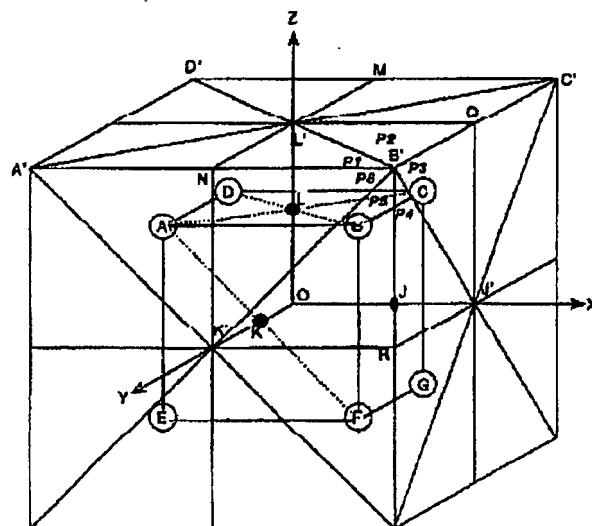
【図1】

この発明の第1実施例の概略構成ブロック図



【図5】

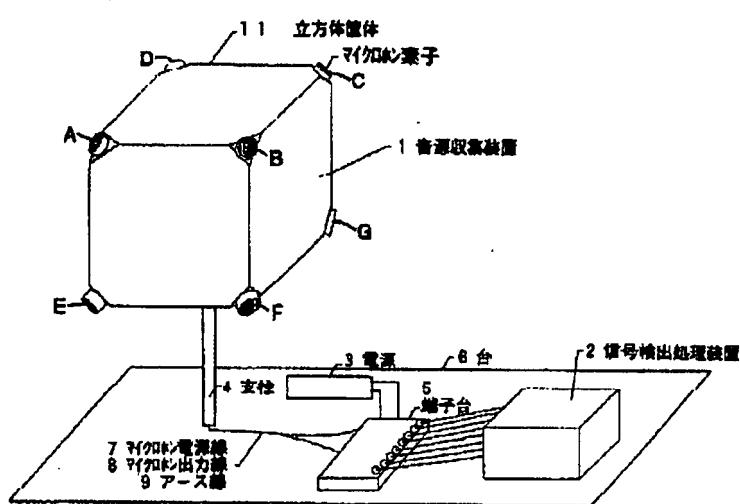
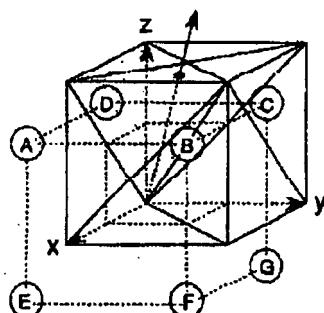
この発明の第1実施例の音源方向判定規則の説明図



【図6】

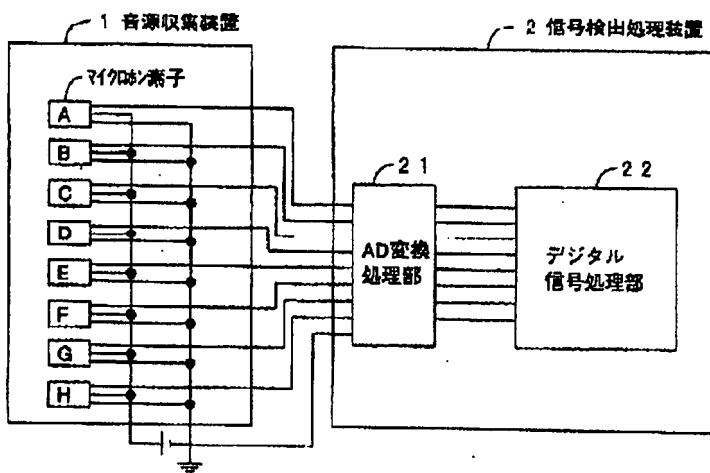
【図2】

この発明の第1実施例の音源方向検出装置の構成図

この発明の第1実施例において  
検出される音源方向の説明図

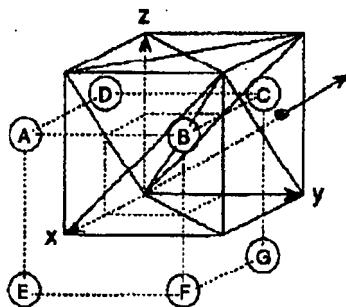
【図3】

この発明の第1実施例の音源方向検出装置の回路構成図



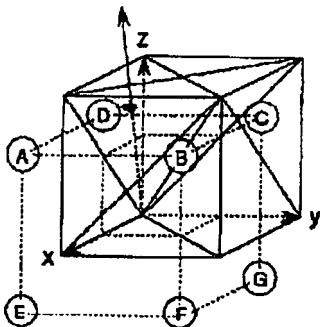
【図8】

この発明の第1実施例において検出される音源方向の説明図



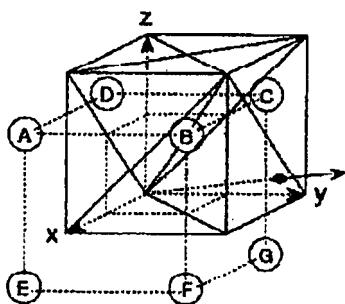
【図11】

この発明の第1実施例において検出される音源方向の説明図



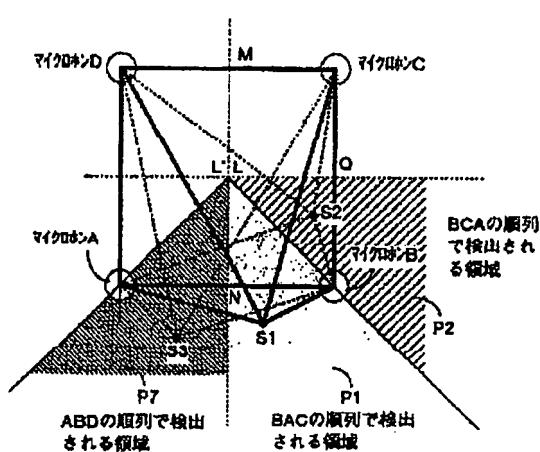
【図9】

この発明の第1実施例において検出される音源方向の説明図



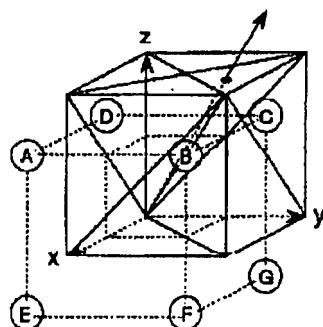
【図12】

この発明の第1実施例の音源方向判定規則の説明図



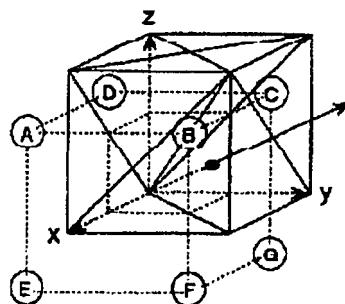
【図7】

この発明の第1実施例において検出される音源方向の説明図



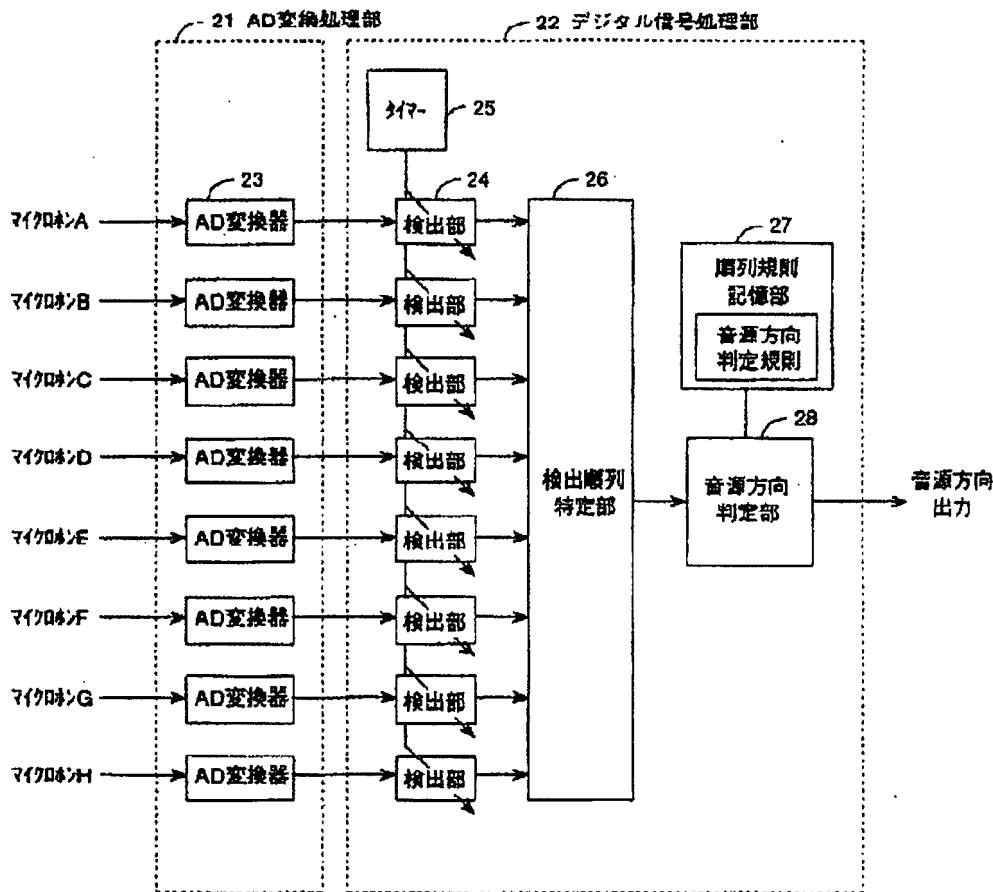
【図10】

この発明の第1実施例において検出される音源方向の説明図

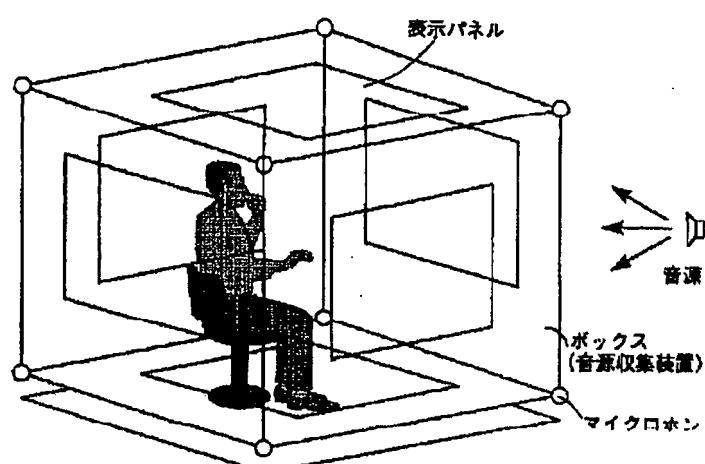


【図4】

## この発明の第1実施例の信号検出処理装置のブロック図

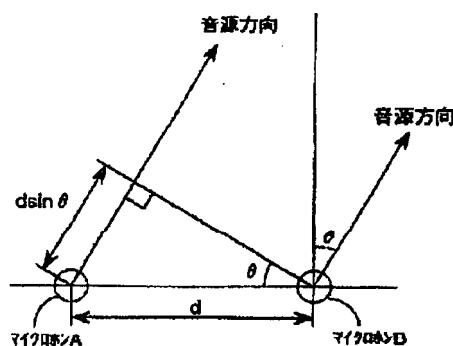


【図13】



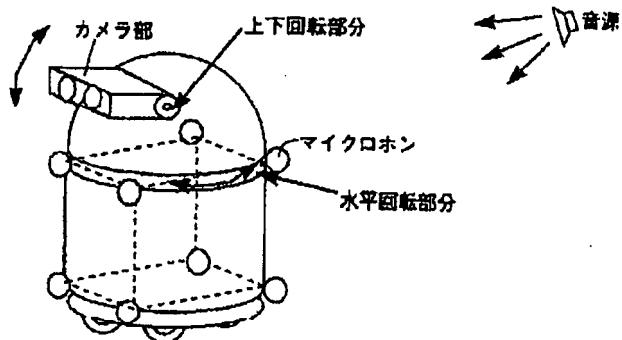
【図16】

## この発明の第2実施例の角度計算の説明図



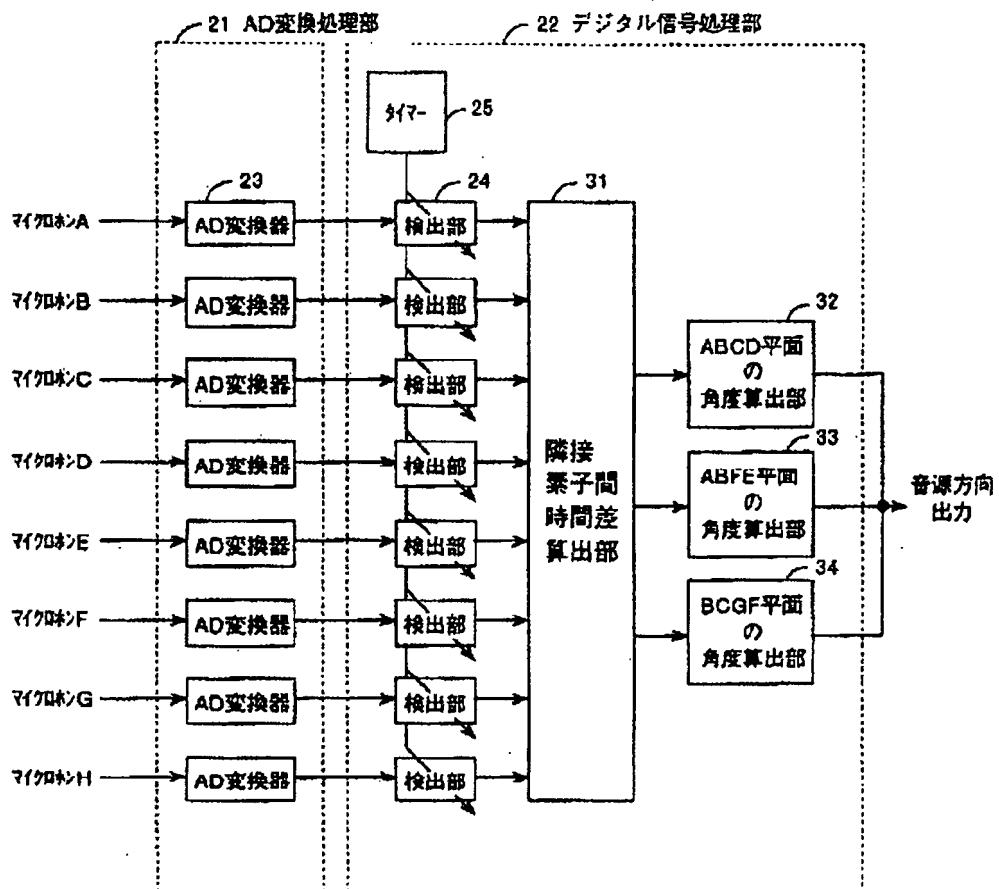
【図14】

この発明の第1実施例の自立ロボットへの応用例の説明図



【図15】

この発明の第2実施例の信号検出処理装置のブロック図



【図17】

従来の音源方向検出装置の構成図

